

Analyse et classification des spectres optiques de glioblastomes en utilisant le Machine Learning et le Deep Learning

Contexte Scientifique

Les gliomes représentent la forme la plus courante de tumeurs du système nerveux central. Ces tumeurs se caractérisent par leur nature infiltrante, comprenant à la fois un composant tumoral solide et un composant infiltrant difficile à distinguer. L'approche thérapeutique principale pour les gliomes repose sur la résection maximale possible. Cependant, au cours des interventions chirurgicales, la décision de poursuivre ou d'arrêter la résection constitue un équilibre délicat entre l'élimination du plus grand nombre de cellules tumorales possible et la préservation des régions cérébrales fonctionnelles essentielles. Actuellement, la référence en matière d'évaluation du type de tissu tumoral (tumeur ou sain) repose sur des mesures anatomopathologiques, impliquant l'extraction d'une biopsie du cerveau. Bien que très précédente, cette procédure est chronophage. Par conséquent, il est urgent d'obtenir des informations intra-opératoires plus rapides sur l'analyse des biopsies.

Une approche complémentaire s'appuie sur l'imagerie de fluorescence intra-opératoire 5-ALA PpIX (protoporphyrine IX induite par l'acide 5-aminolévulinique), qui a permis d'améliorer le processus de résection. Cependant, elle présente encore des problèmes de sensibilité. Des études antérieures et des résultats préliminaires ont révélé la complexité du spectre de fluorescence du PpIX, dépassant largement la compréhension conventionnelle de la littérature. Cette complexité spectrale renferme des informations précieuses et complémentaires pour une délimitation précise des marges de la tumeur lors de la résection. Une plongée plus approfondie dans cette complexité spectrale est impérative, explorant différentes hypothèses pour confirmer l'existence de deux spectres d'émission étroitement situés, l'un atteignant son pic à 620 nm et l'autre à 634 nm, au sein de la biopsie [1,2].

En parallèle de cette recherche, le projet HyperProbe [3] en cours, vise à développer un dispositif innovant d'imagerie optique conçu pour améliorer la chirurgie cérébrale. Cette technologie révolutionnaire est destinée à significativement améliorer les résultats des traitements des patients et leur espérance de vie en offrant aux neurochirurgiens une assistance avancée en temps réel et des informations pendant les procédures chirurgicales.


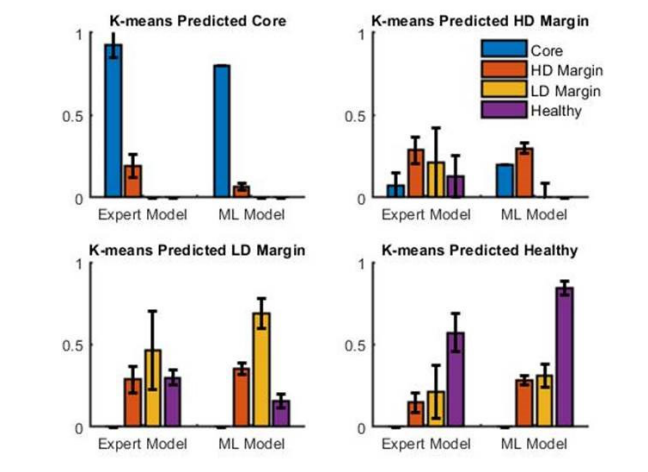
Objectif du Stage

L'objectif principal de ce stage est de faire progresser le domaine en développant et en appliquant des modèles de machine learning et de deep learning pour l'analyse approfondie et la classification des spectres optiques obtenus à partir des tissus de glioblastomes, en intégrant de nouvelles données et celles générées par le dispositif HyperProbe. Les tâches clés suivantes seront abordées :

1. Prétraitement des Données : Collecte, nettoyage et normalisation des spectres optiques pour les préparer à des fins d'analyse.
2. Extraction de Caractéristiques : Développement de techniques pour extraire des caractéristiques essentielles des spectres optiques complexes.
3. Classification : Création de modèles de classification de haute précision capables de distinguer différents types de glioblastomes et d'identifier des signatures spécifiques associées à la réponse au traitement.
4. Interprétation des Résultats : Examen et élucidation des informations issues des modèles développés pour mieux comprendre la biologie des glioblastomes et identifier des cibles potentielles pour des traitements plus efficaces.

Méthodologie

Ce stage impliquera l'utilisation de bibliothèques de *machine learning* (par exemple, scikit-learn) et éventuellement des méthodes de *deep learning* pour construire et évaluer rigoureusement ces modèles. Des techniques avancées telles que les réseaux neuronaux convolutionnels (CNN) et les réseaux neuronaux profonds seront explorées pour extraire efficacement des informations pertinentes des spectres optiques complexes. Les données utilisées seront extraites de bases de données médicales fiables et respecteront des normes éthiques strictes de confidentialité.

	 <table border="1"><thead><tr><th>Category</th><th>Expert Model</th><th>ML Model</th></tr></thead><tbody><tr><td>K-means Predicted Core</td><td>~0.95</td><td>~0.85</td></tr><tr><td>K-means Predicted HD Margin</td><td>~0.35</td><td>~0.35</td></tr><tr><td>K-means Predicted LD Margin</td><td>~0.35</td><td>~0.75</td></tr><tr><td>K-means Predicted Healthy</td><td>~0.25</td><td>~0.85</td></tr></tbody></table>	Category	Expert Model	ML Model	K-means Predicted Core	~0.95	~0.85	K-means Predicted HD Margin	~0.35	~0.35	K-means Predicted LD Margin	~0.35	~0.75	K-means Predicted Healthy	~0.25	~0.85
Category	Expert Model	ML Model														
K-means Predicted Core	~0.95	~0.85														
K-means Predicted HD Margin	~0.35	~0.35														
K-means Predicted LD Margin	~0.35	~0.75														
K-means Predicted Healthy	~0.25	~0.85														
Expériences in vivo pendant une opération	Comparaison "Machine Learning model" vs "Expert model"															

Résultats Attendus

À la fin de ce stage, on s'attend à ce que le stagiaire ait développé des modèles de *machine learning* et de *deep learning* sophistiqués pour l'analyse et la classification des spectres optiques de glioblastomes, y compris les données acquises grâce au projet HyperProbe. Ces résultats sont censés enrichir considérablement notre compréhension de la biologie des glioblastomes, fournir des informations profondes sur la complexité spectrale de la fluorescence du PpIX, et établir une base solide pour l'identification de possibles améliorations dans l'analyse des biopsies intra-opératoires.

Conclusion

Ce stage offre une opportunité extraordinaire d'appliquer des techniques de pointe en science des données pour résoudre des défis critiques liés à la chirurgie des glioblastomes et à la caractérisation des tumeurs. Il promet de contribuer à l'avancement de la recherche en oncologie tout en dotant le stagiaire de compétences précieuses en traitement des données, *machine learning* et *deep learning*.

Profil du Candidat

Nous recherchons activement des candidats avec une solide formation en informatique, en science des données ou dans des domaines connexes, qu'ils soient étudiants en master ou en école d'ingénieurs. La maîtrise de Python est fortement souhaitée, et une connaissance préalable des bibliothèques pour le *machine learning* et le *deep learning* est un avantage. Les candidats devraient également faire preuve d'un intérêt passionné pour l'imagerie médicale, l'oncologie et l'application de la science des données pour résoudre des défis de santé du monde réel. De solides compétences en résolution de problèmes, la capacité à travailler de manière autonome et en collaboration, ainsi que d'excellentes compétences en communication, sont des prérequis essentiels.

Contacts

Cédric RAY-GARREAU cedric.ray@univ-lyon1.fr, Bruno MONTCEL bruno.montcel@univ-lyon1.fr
CREATIS <https://www.creatis.insa-lyon.fr/>

Références

1. B. Montcel, L. Mahieu-Williams, X. Armoiry, D. Meyronet, and J. Guyotat, "Two-peaked 5-ALA-induced PpIX fluorescence emission spectrum distinguishes glioblastomas from low-grade gliomas and the infiltrative component of glioblastomas," *Biomedical Optics Express* 4, 548 (2013). (<https://doi.org/10.1364/BOE.4.000548>).
2. Gautheron, M. Sdika, M. Hébert, et B. Montcel, "An explicit Estimated Baseline Model for Robust Estimation of Fluorophores using Multiple-Wavelength Excitation Fluorescence Spectroscopy," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* (2023). (<https://doi.org/10.1109/TBME.2023.3299689>).
3. Le projet HyperProbe reçoit un financement du programme de recherche et d'innovation Horizon Europe de l'Union européenne dans le cadre de l'accord de subvention n° 101071040. (<https://hyperprobe.eu/>).
4. P. Leclerc, C. Ray, L. Mahieu-Williams et al. "Machine learning-based prediction of glioma margin from 5-ALA induced PpIX fluorescence spectroscopy". *Sci Rep* 10, 1462 (2020). (<https://doi.org/10.1038/s41598-020-58299-7>).